2

2

DE LA CIRCULATION

DANS

LES INSECTES,

PAR

M. EMILE BLANCHARD,

1848.

DE LA CIRCULATION DANS LES INSECTES;

Par M. ÉMILE BLANCHARD (1).

§ 1.

Jamais, plus qu'aujourd'hui, on ne voulut s'occuper de l'étude de l'organisation des animaux, à un point de vue plus général, à un point de vue plus élevé et plus philosophique.

Jamais, de toutes parts, on ne sentit davantage la nécessité de pousser les recherches dans les organismes les plus délicats, avec toute la persévérance possible.

Aussi depuis un petit nombre d'années. la science a en vérité changé de face, relativement aux animaux invertébrés.

Nos connaissances, touchant l'appareil de la sensibilité, se sont déjà bien étendues.

Avant peu, nous devons l'espérer, les idées des anatomistes pourront être fixées à l'égard de la disposition caractéristique du système nerveux dans les divers types de l'embranchement des Annelés, comme de celui des Mollusques. Les divisions zoologiques, en devenant mieux définies, mieux comprises; beaucoup de faits pouvant être généralisés avec une certitude entière; une grande simplification dans l'énoncé de leurs rapports et de leurs différences en sera certainement l'un des plus féconds résultats.

Il y a là une véritable satisfaction, comme un grand encouragement pour l'homme de science, qui scrute avec une longue patience les plus minutieux détails de l'organisation des animaux. Ses observations multipliées, étant rapprochées, et toujours soigneusement comparées, les caractères communs se montrent dans tout leur jour; les dissemblances se manifestent d'une manière aussi claire.

(1) Un extrait de ce Mémoire a été inséré dans les *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXIV, p. 870 (mai 1847). Il a été traduit en anglais (*The Annals and Magazine of natural History*, vol. XX, p. 112 [septembre 1847]) et en allemand (*Schleiden's und Froriep's Notizen*, LXVI, S. 342 [1847]).

Les connaissances devenues ainsi plus profondes, plus minutieuses, n'ont pas augmenté les difficultés pour ceux qui viennent ensuite ; elles les ont au contraire beaucoup diminuées. La possibilité de généraliser, c'est toujours la simplification.

N'est-ce pas ainsi qu'une découverte conduit ordinairement à des résultats nombreux? car elle est l'origine, elle est le point de départ de beaucoup d'autres. Un nouveau cercle d'idées a été ouvert.

Après l'appareil de la sensibilité, l'appareil circulatoire, si important, au point de vue physiologique, donne pour la zoologie les faits les plus capables d'être généralisés.

Ce système organique a ses caractères propres dans chacune des grandes divisions du règne animal. Il contribue ainsi à un bien haut degré à mettre en évidence tout ce qu'un type zoologique a de particulier, tout ce qu'il a d'analogie et d'affinité avec les autres types.

Je ne tracerai pas ici pour les animaux invertébrés l'histoire entière de la science relative à cette grande question, mais d'une manière sommaire, je rappellerai les recherches qui ont porté les connaissances des naturalistes au point qu'elles ont atteint, au moment où nous écrivons.

Ce sera indiquer les lacunes qui restent à combler.

Comme presque toutes les grandes questions zoologiques, comme le plus grand nombre des faits qui ont été généralisés; c'est en France surtout que le phénomène de la circulation dans les animaux invertébrés a été vraiment étudié. La plupart des observations sur le système vasculaire et sur la manière dont s'effectue la circulation dans les diverses classes de l'embranchement des Mollusques et de l'embranchement des Annelés sont sorties du Muséum d'histoire naturelle de Paris.

§ II.

En 1826, MM. Audouin et Milne Edwards (1), par leurs recherches sur l'anatomie et la physiologie des Crustacés, parve-

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la circulation dans les Crus-*

naient à préciser le mode de circulation dans cette classe d'animaux. Depuis cette époque, déjà éloignée de nous de plus de vingt années, rien de nouveau n'a été ajouté sur ce sujet.

En 1837, M. Milne Edwards faisait connaître avec détails la distribution des vaisseaux et la nature du mouvement circulatoire chez les Annélides (1), et jusqu'ici c'est encore le travail représentant l'état actuel de la science sur cette grande fonction organique, dans la classe des Annélides.

En 1842, le même zoologiste publiait les résultats de recherches semblables sur les Mollusques du groupe des Tuniciers (2).

Dans ces dernières années, après diverses observations importantes dues à M. Delle Chiaje, à M. de Quatrefages, à M. Souleyet, etc., M. Milne Edwards est conduit encore à porter ses investigations sur les divers types de Mollusques Céphalopodes, Gastéropodes et Acéphales. Ce sont ses observations publiées récemment qui représentent aussi l'état actuel de nos connaissances sur le trajet des vaisseaux et sur la distribution du fluide nourricier chez les Mollusques (3).

A la même époque je dirigeais mon attention sur l'organisation des vers, et employant des procédés d'investigation nouveaux pour l'étude de ces animaux inférieurs, je parvenais à reconnaître la disposition du système vasculaire et la nature du mouvement du liquide sanguin, dans les diverses classes auxquelles on rattache l'ensemble de ces êtres (4).

La circulation des Myriapodes et des Arachnides, du groupe des Scorpionides, a été aussi, il y a peu d'années, l'objet de

tacés, lues à l'Académie des Sciences, le 15 janvier 1827, publiées dans les *Annales des Sciences naturelles*, t. XI, p. 283 et 352 (1827).

(1) *Recherches pour servir à l'histoire de la circulation du sang dans les Annélides* (*Annales des Sciences naturelles*, 2e série, t. X, p. 193 [1837]).

(2) *Mémoire sur les Ascidies composées* (*Mém. de l'Académie des Sciences*, t. XVIII, p. 217.

(3) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. XX, p. 261 et 750 (1845), et *Annales des Sciences naturelles*, 3e série, t. III, p. 257; t. VIII, p. 37.

(4) *Bulletin de la Société philomatique*, p. 62 et 67 (1846); *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXIV, p. 601 (1847), et *Annales des Sciences naturelles*, 3e série, t. VII, p. 87; t. VIII, p. 119 et 271.

recherches importantes dues à l'un des plus savants anatomistes de l'Anglèterre, M. Newport (1). Le mémoire publié sur ce sujet est rempli de détails admirablement étudiés comme tout ce qui est étudié par M. Newport ; mais ce naturaliste n'ayant pu examiner que des animaux conservés dans l'alcool, il reste à vérifier les faits sur la nature vivante.

Ainsi, parmi les Mollusques, ce sont les Ptéropodes et les Bryozoaires qui réclament encore les investigations des anatomistes et des physiologistes.

Parmi les Annelés, ce sont les Arachnides (2), et peut être les Insectes.

J'ai rappelé ces travaux sur les animaux invertébrés, pour montrer comment j'ai été amené à entreprendre de nouvelles recherches sur le mode de circulation dans les Insectes.

Après les observations nombreuses faites sur ce sujet par les plus habiles anatomistes en France, en Allemagne, en Angleterre, la manière dont s'effectue cette fonction dans ce grand type zoologique semblait être connue.

Les naturalistes étaient persuadés que nous possédions sur ce point la connaissance entière des faits généraux.

Cependant une circonstance me frappait; comparant l'organisation si élevée des Insectes avec celle des autres Annelés et des Mollusques, je m'expliquais difficilement la dégradation si complète du système vasculaire qu'on admettait pour ces animaux.

J'étais bien loin, sans doute, de m'attendre à rencontrer ce que j'ai observé ensuite. Comme Malpighi l'avait supposé il y a deux siècles, comme Cuvier d'abord l'avait supposé aussi, je crus pouvoir soupçonner encore l'existence de vaisseaux qui auraient échappé aux recherches des anatomistes.

Choisissant alors les Insectes de la plus grande dimension, je les injectai par le vaisseau dorsal, espérant ainsi mettre en évi-

(1) *Philosophical Transactions of the royal Society of London*, part. I, p. 243 (1843).

(2) Récemment j'ai étudié l'appareil circulatoire chez les Arachnides fileuses ou Aranéides. J'ai exposé les principaux résultats de mes observations à la Société philomatique. — Voy. *l'Institut*, p. 259 (1848).

dence les ramifications les plus fines s'il en existait ; car cela m'avait déjà réussi complétement pour l'étude du système vasculaire chez les Vers. Il fallut bientôt me convaincre que ma supposition n'était pas fondée.

§ III.

Avant de développer le résultat de mes observations sur la nature de la circulation chez les Insectes, je crois nécessaire d'indiquer au moins les progrès que la science a faits successivement dans cette question. En mentionnant les diverses opinions émises tour à tour, mon point de départ se trouvera ainsi précisé, même pour les personnes qui n'auraient pas suivi les recherches antérieures. Je m'arrêterai peu sur les travaux de chaque observateur en particulier, un naturaliste belge, M. Verloren. ayant, dans un mémoire récent, indiqué avec soin les observations précédentes (1).

Les opinions, touchant la circulation des Insectes, émises dans la science se réduisent à trois : celle de Cuvier ; celle qui a pris naissance dans les observations de Carus, qui a été confirmée ensuite et étendue par une foule de faits constatés par plusieurs anatomistes ; et enfin, celle de M. Léon Dufour se bornant à une entière négation de tout mouvement circulatoire, comme de toute trace de vaisseaux quelconques ; opinion à la vérité qui ne fut jamais partagée par d'autres.

Swammerdam, Malpighi, Lyonet, n'avaient pas d'idée précise sur le mode de circulation du fluide nourricier dans les Insectes. Mais, avec beaucoup de raison, ils ont considéré le vaisseau dorsal comme un cœur, comme un centre de circulation. Ainsi que le fait justement remarquer M. Verloren, Swammerdam avait déjà des notions assez exactes sur la structure de cet organe.

Cuvier, qui sut porter si heureusement son attention sur les faits les plus considérables en zoologie, devait s'attacher à l'étude des grandes fonctions physiologiques chez les Insectes. Il recher-

(1) *Mémoire en réponse à la question suivante :* Éclairer par des observations nouvelles le phénomène de la circulation dans les Insectes, en recherchant si on peut le reconnaître dans les larves des différents ordres de ces animaux. — Académie royale de Belgique. — *Mémoires couronnés et Mémoires des Savants étrangers*, t. XIX (1847).

cha par la dissection les vaisseaux de ces Articulés (1). Il n'en trouva point d'autres que le vaisseau dorsal. Ne sachant concilier l'existence d'une circulation véritable avec l'absence du système vasculaire, le célèbre auteur de l'*Anatomie comparée* crut que tout mouvement circulatoire disparaissait chez ces animaux.

A l'appui de ce qu'il croyait être la réalité, il trouva une explication ingénieuse, bien souvent répétée depuis (2).

« Le fluide nourricier, disait-il, ne pouvant aller chercher l'air, » c'est l'air qui vient le chercher pour se combiner avec lui. »

Comme les trachées se ramifient dans le corps entier de l'animal, l'air devait ici aller chercher le sang, de même que le sang va chercher l'air dans les animaux à respiration pulmonaire ou branchiale. Selon notre illustre anatomiste, le fluide nourricier n'avait aucun mouvement; suivant son expression, il était en repos. Néanmoins, Cuvier ne cessa de considérer le vaisseau dorsal comme un vestige de cœur.

En 1827, les observations de Carus présentèrent la question relative au mode circulatoire des Insectes sous un jour tout nouveau (3). Soumettant à l'examen microscopique des larves transparentes, comme le sont les larves d'Éphémères, d'Agrions, etc., le célèbre anatomiste de Leipzig distingua parfaitement un mouvement du fluide nourricier, mouvement en général très rapide. Il vit le sang, après avoir parcouru le vaisseau dorsal, d'arrière en avant s'épancher dans la tête, puis être ramené d'avant en arrière, en baignant toutes les parties du corps et suivant des courants, et pour ainsi dire des canaux limités seulement par les organes.

M. Carus vit aussi, de la manière la plus distincte, les mouvements du vaisseau dorsal sous l'influence desquels s'effectuent la sortie et la rentrée du liquide nourricier.

(1) *Sur la nutrition dans les Insectes* (*Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*, t. I, 34 [1797], et Reil, *Archiv für die Physiologie*, Bd. V; S. 102).

(2) *Leçons d'Anatomie comparée*, recueillies par MM. Duméril et Duvernoy, t. IV, p. 165 (1805).

(3) *Entdeckung eines einfachen, vom Herzen aus bescheulnigten Blütlaufes in den larven Netzflügelicher Insekten*, et *Fernere Untersuchungen über blutlauf in Kerfen* (*Nova Acta Physica*, vol. XV, p. II, p. 1, tab. LI [1831]).

Il n'y avait plus de doute; il existait chez les insectes une véritable circulation.

Les faits constatés par M. Carus pouvaient être vérifiés sans beaucoup de peine. Ils ne tardèrent pas à l'être par plusieurs autres naturalistes.

Presque aussitôt ils furent confirmés par une observation différente et de la plus haute importance. M. Straus-Durckheim, comme on le sait, fit connaître avec beaucoup de soin la structure du vaisseau dorsal chez le Hanneton commun (1). Il constata l'existence d'une portion cardiaque et d'une portion aortique, l'existence d'ouvertures et de valvules dans la portion cardiaque, de nature à déterminer la rentrée du sang et à empêcher sa sortie.

Ainsi il fut établi désormais que le vaisseau dorsal des Insectes n'était pas un tube simple, comme généralement on le croyait jusqu'alors.

En 1832 M. Wagner (2) vérifie tout à la fois les observations de M. Carus et de M. Straus, et le résultat principal de ses recherches, c'est la confirmation des faits signalés par ses devanciers.

Peu de temps après, M. Bowerbank en Angleterre (3) porte aussi ses investigations sur les Éphémères, et c'est encore une confirmation des mêmes faits.

Je n'ai pas besoin de m'étendre sur toutes les petites observations du mouvement du fluide nourricier, dans les ailes, dans les pattes, dans les antennes; observations dues principalement à Lyonet (4), à Baker (5), à Behn (6), à Tyrrel (7), à Burmeister (8), à Nicolet (9), etc., etc.

(1) *Considérations sur l'anatomie des animaux articulés*, p. 356 (1828).

(2) *Beobachtungen über den Kreislauf des Blütes und den Bau des Rückengefæsses bei den Insecten* (*Isis*, 1832, S. 320, u. 778, tab. II).

(3) *Entomological Magazine*, t. I, p. 239 (1833).

(4) Lesser, *Théologie des Insectes*, t. II, p. 84, note (1742).

(5) *The microscope made easy*, p. 130 (1743).

(6) *Endeckung eines von den Bewegungen des Rückengefæsses unhabangingen und mit einem besondern Bewegunsorgane Versehenen Kreislaufes in den Beinen Halbflügelicher Insecten* (*Müller's Archiv*, 1835, S. 554, taf. XIII, fig. 13 u. 14).

(7) *Proceedings of the royal Society*, vol. III, p. 317 (1835).

(8) *Handbuch der Entomologie*, t. I, S. 436-446 (1832).

(9) *Annales des Sciences naturelles*, 3e série, t. VII, p. 60 (1847).

Par suite des travaux de ces naturalistes, il est acquis à la science que le sang chez les Insectes pénètre dans tous les espaces interorganiques et dans les moindres passages intermusculaires (1).

Ce sont les faits admis dans tous les ouvrages généraux. On peut consulter à cet égard ceux de M. Milne Edwards (2), de M. Duvernoy (3), et de bien d'autres encore, qu'il n'est pas utile de rappeler ici.

Les observations des savants que je viens de citer depuis Carus forment une période bien marquée touchant les connaissances des naturalistes, sur le phénomène de la circulation dans les Insectes. Après eux, un zoologiste dont je me plais toujours à citer le nom, parce que ses recherches portent à un haut degré l'empreinte d'une conscience, d'une sagacité et d'un talent de l'ordre le plus élevé, a fait faire un pas sensible à cette question si importante de la physiologie des animaux invertébrés. M. Newport, dans l'article INSECTES, de l'*Encyclopédie d'Anatomie* (4), ne s'est pas contenté de résumer les observations de ses prédécesseurs. Il a vu plus ; il a ajouté de nouveaux faits.

M. Newport a reconnu l'existence d'un canal régnant toujours au-dessus du système nerveux (5). Il a reconnu aussi, ce qui était

(1) « ... L'existence d'une circulation chez les Insectes, circulation qui s'accorde d'ailleurs avec la place élevée qu'occupent ces animaux dans l'échelle » zoologique, est un fait désormais acquis à la science, bien qu'il reste encore un » assez grand nombre de points à éclaircir » — Et en note : — « M. Léon Dufour » est, à ce que nous croyons, le seul entomologiste qui aujourd'hui refuse toute » espèce de mouvement circulatoire ; mais un témoignage négatif, quel que soit » d'ailleurs son poids, ne peut infirmer une foule de faits positifs. Celui de » M. Léon Dufour prouve seulement que, dans les Hémiptères, l'organisation du » vaisseau dorsal est peut-être plus simple que chez les autres Insectes. » Lacordaire, *Introduction à l'Entomologie*, t. II, p. 69 (1838).

(2) *Éléments de zoologie.*

(3) *Leçons d'anatomie comparée de G. Cuvier*, 2e édit., t. VI, p. 414, 440, etc. (1839).

(4) Article INSECTA. *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, by Todd, vol. II, p. 980.

(5) « Besides the parts now described, there is also another which is connected with and forms part of the vascular system, but the existence even of which has hitherto been almost overlooked. This is a distinct vascular canal, which is exten-

plus important encore, la présence de canaux assez bien délimités, régnant sous la paroi supérieure de l'abdomen, et servant à ramener le sang des cavités du corps jusqu'aux orifices auriculo-ventriculaires du vaisseau dorsal (1).

M. Newport, par ses études sur les corpuscules du sang dans les larves et dans les Insectes adultes a encore enrichi la science de faits qui ont ici une valeur considérable (2).

En dernier lieu, je dois mentionner le travail de M. Verloren sur la circulation des Insectes; travail dont la publication eut lieu bien peu de temps avant la communication des principaux résultats de mes propres recherches; communication faite à l'Académie des scicences, le 17 mai 1847. Le naturaliste belge n'a rien ajouté de bien nouveau relativement à la question générale; mais il a apporté de nouvelles observations de détails sur un assez grand nombre d'espèces. Il s'est attaché à expliquer la manière dont s'effectue la rentrée du sang dans le vaisseau dorsal. Il a énuméré avec soin les types sur lesquels ont porté les investigations des précédents observateurs.

M. Verloren se prononce d'une manière formelle contre l'existence de vaisseaux autres que le vaisseau dorsal dans le corps des Insectes. Certains physiologistes, ou comprenant difficilement une véritable circulation sans un appareil vasculaire complet, ou apercevant sous le microscope, chez des larves trans-

ded along the upper surface of the abdominal portion of the cerebrospinal cord in perfect Lepidopterous Insects, and which we have traced, from the thorax to the termination of the cord We have designated this structure the *supra-spinal vessel*. It is placed immediately above the cord, and is covered by transversal muscular fibres, which exclude it from the abdominal cavity and give to the whole cord when removed from the body and examined by transmitted light, a floculent appearance. » *Loc. cit.*, p. 980.

(1) We believe also that we have seen distinct vessels passing transversely across the dorsal surface of each segments in the direction of the anterior part of each chamber of the dorsal vessel, in the large pupa of *Acherontia atropos* and *Sphinx ligustri* — *Loc. cit.*, p. 979.

(2) *On the structure and developpement of the blood corpuscles in Insects and other invertebrata, and its comparison with that of man and the vertebrata* (*Proceedings of the royal Society*, t. IV, p. 544. Février 1845).

parentes, des courants assez bien délimités, ont été portés à admettre l'existence de parois, c'est-à-dire de vaisseaux proprement dits. M. Bowerbank (1) a professé cette opinion, ainsi qu'un naturaliste hollandais, M. Brants (2). Nous verrons bientôt que la vérité est plutôt du côté de M. Verloren. Ce sont certainement des trachées que M. Müller a considérées chez les Phasmes comme des vaisseaux se distribuant aux ovaires (3).

Enfin, la troisième opinion relative au phénomène de la circulation appartient tout entière et exclusivement à M. Léon Dufour. Comme on le sait, c'est une dénégation complète

Si M. Léon Dufour, par ses travaux si nombreux et si importants sur le canal digestif et les organes de la génération des Insectes, n'était considéré à juste raison comme une grande autorité, quand il s'agit de l'anatomie de ces animaux, je croirais devoir passer sous silence tout ce qu'il a écrit à l'égard de la circulation dans ce type zoologique (4). Mais, à raison de l'autorité dont jouit M. Léon Dufour, à raison bien plus encore de l'estime que nous professons pour ses nombreux travaux, je rappellerai au moins ce qu'il a dit sur ce sujet en plusieurs circonstances. Il s'est, je crois, prononcé pour la première fois dans ses *Recherches anatomiques et physiologiques sur les Hémiptères*, publiées en 1833. Dans cet ouvrage, il indique le vaisseau dorsal comme étant *la chose la plus problématique* et la plus *controversée* de l'anatomie des Insectes (5). Il parle de la structure du vais-

(1) *Entomological Magazine*, t. I, p. 239 (1833).

(2) *Bejdrage tot de Kennis der Monddeelen van eenige Vliesvleugelige gekorvenen* (Insecta hymenoptera), door Dr A. Brants (p. 87), *in Tijdschrift voor Natuurlijke Geschiedenis en Physiologie uitgegeven*, door J. Van der Hœven en W.-H. de Vriesse (VIIIe partie, p. 71. Leyde, 1841).

(3) *Nova Acta physico-medica*, t. XII, part. II, p. 553 et suiv., pl. 2 (1825).

(4) « Dans les sciences d'observation, un fait est ou n'est pas : s'il est, qu'importent ces autorités qui l'ont rejeté : et s'il n'est pas, qu'importent aussi celles » qui l'ont admis? » Serres, *Anatomie comparée du cerveau*, t. II, p. 52 (1826).

A mon avis, on ne saurait trop se pénétrer de cette réflexion si pleine de justesse.

(5) « DU CORDON DORSAL, APPELÉ VAISSEAU DORSAL. — C'est ici, *sans contredit*, le » point le plus problématique et le plus controversé de l'anatomie et de la phy-

seau dorsal, si bien décrite par M. Straus, comme d'une pure fiction. Enfin, il regarde comme établi, en *principe* il est vrai, « que, dans les animaux où il y a une circulation générale d'air, » celle-ci remplace ou exclut la circulation générale du sang ou » d'un liquide analogue (1). »

Depuis cette époque, l'opinion de M. Léon Dufour n'a pas été ébranlée par les nouvelles observations de plusieurs naturalistes. Dans ses recherches sur l'anatomie des Orthoptères, des Hyménoptères et des Névroptères, il affirme encore que le vaisseau dorsal, pour lui un simple cordon, n'offre point de cavité intérieure, et moins encore un liquide circulatoire. Ses investigations ont porté cependant, dit il, sur les Orthoptères, qui sont les plus grands des Insectes (2). Il fait observer aussi que les recherches des naturalistes ont porté spécialement sur des larves. Or, pour lui, s'il s'agit des larves, c'est une tout autre

» siologie des Insectes. Quoiqu'il soit devenu l'objet de dissections ardues, d'ex- » périmentations répétées, et de sérieuses explications de la part de divers zoo- » tomistes tant anciens que contemporains, on se demande encore si ce cordon » est un organe ou un *simulacre d'organe* sans fonction, un simple vestige. » L. Dufour. *Recherches sur l'anatomie et la physiologie des Hemiptères*, p. 272 (1833). (*Mémoires des savants étrangers*, t. IV.)

(1) M. Léon Dufour ajoute : « *Ces deux systèmes circulatoires sont* INCOMPATI- » BLES. *Je m'abstiens d'énumérer les conséquences qui découlent naturellement de* » *cette proposition* ; ELLES SONT PAR TROP ÉVIDENTES. » *Loc. cit.*, p. 276.

Cependant je dois confesser que ces conséquences si évidentes ne m'ont jamais frappé. Je saisis même peu de quelle nature de conséquences il est ici question.

(2) Après avoir décrit d'une manière générale la position du vaisseau dorsal, M. Léon Dufour s'exprime ainsi : « Quoique ce cordon (le vaisseau dorsal) ait » dans quelques circonstances un mouvement propre, celui-ci n'est certainement » que le résultat de *la simple contractilité de tissu, mise en jeu*, une espèce de *fré-* » *missement fibrillaire* commun à beaucoup de tissus vivants. Malgré son *appa-* » *rence tubuleuse*, les investigations les plus attentives, soit à la loupe, soit au » microscope, ne m'y ont jamais démontré dans les Orthoptères, qui sont pour- » tant les plus grands des Insectes, l'existence ni de branches ou de divisions à » ce cordon, *ni d'une cavité intérieure, ni encore moins d'un liquide circulatoire.* » *Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères, les Hyménoptères et les Névroptères* (*Mémoires des Savants étrangers*, publiés par l'Académie des Sciences, t. VII, p. 188 [1841]).

question que s'il s'agissait des Insectes adultes. Mais cette question, il ne l'aborde pas; il compte l'étudier par la suite (1).

Dans un Mémoire, ayant surtout pour objet cette question relative à la circulation des Insectes (2), M. Léon Dufour soutient toujours avec ardeur la même thèse. Le type sur lequel il s'appuie appartient cette fois à la famille des Muscides (*Sarcophaga hæmorrhoïdalis*). Le vaisseau dorsal est appelé ici l'*organe dorsal;* il est décrit comme composé d'un axe et de ses ailes. L'axe serait toujours un simple cordon sans cavité, ni division, fixé par un bout à la partie postérieure du tégument dorsal, et par l'autre à l'*origine du ventricule chylifique, sans pénétrer dans la cavité de celui-ci.*

Assurément, les personnes qui ne sont pas totalement étrangères à l'organisation des Insectes seront bien persuadées que le vaisseau dorsal ne pénètre pas dans le ventricule chylifique. Mais comment ne pas s'étonner en voyant M. Léon Dufour, qui s'est montré si souvent habile observateur, donner cette description du vaisseau dorsal des Insectes; alors que cet organe est décrit et représenté avec une grande exactitude par M. Straus

(1) « Je pense donc encore aujourd'hui que celui-ci (le vaisseau dorsal) n'est » qu'un organe déchu de toute attribution physiologique, de toute espèce de fonc- » tions; qu'il n'est qu'un rudiment, un vestige du cœur des Arachnides; qu'il » ne saurait être un organe sécréteur de la graisse, comme l'avance M. Marcel » de Serres; que dans les espèces soumises à mon scalpel, et ce nombre s'élève » déjà à sept ou huit cents, je n'ai rien vu qui ressemble à un cœur à huit cham- » bres et à valvules, comme le prétend M. Straus. — Remarquez bien que mes » assertions sur ce point se bornent exclusivement aux Insectes parfaits, c'est- » à-dire à cet état où les organes ont acquis le suprême degré de leur développe- » ment. Malpighi, Lyonet et quelques partisans de la circulation dans les In- » sectes, ne nous donnent comme faits positifs ou prétendus tels que des recher- » ches *qui concernent les larves.* C'est une *tout autre question*, que je n'aborde » pas en ce moment, et que j'étudierai par la suite; je ferai observer seulement » qu'on s'est souvent laissé entraîner à de hasardeuses inductions en pareil cas. » *Loc. cit.*, p. 289.

(2) *Études anatomiques et physiologiques sur une Mouche, dans le but d'éclairer l'histoire des métamorphoses et de la prétendue circulation des Insectes* (*Annales des Sciences naturelles*, 2e série, t. XVI, p. 5 [1841]).

chez le Hanneton (1) ; par M. Burmeister, chez la larve du Calosome (2) ; par M. Newport, chez le Lucane, l'Asile, la Vanesse, etc. (3) ; et tout récemment par M. Verloren, chez le Chironome (*Chironomus plumosus*) (4), et chez plusieurs autres? Les chambres du vaisseau dorsal, dans certaines espèces de grande taille, sont même si évidentes qu'on les distingue parfaitement sans le secours d'une loupe.

Il n'est donc pas utile de s'étendre davantage sur ce point ; tous les faits essentiels, toutes les opinions, sont suffisamment indiqués.

Comme la plupart des questions physiologiques d'une haute importance, le phénomène de la circulation chez les Insectes a été l'objet des recherches d'un grand nombre de naturalistes éminents ; en effet, quel intérêt ne doit pas attacher à la connaissance précise d'une fonction organique de cet ordre, dans la classe la plus considérable du règne animal, celle dont les représentants sont plus nombreux que ceux de toutes les autres classes réunies.

Le type zoologique qui nous occupe ici a des caractères propres dans l'organisation interne, comme dans la structure des parties externes. Nécessairement, il importait au plus haut degré de se mettre à même d'apprécier ce qu'il offre aussi de particulier quant au mode de circulation. On ne pouvait donc assez s'attacher à l'étudier par tous les moyens.

L'état actuel de la science sur ce point, jusqu'au moment où j'ai apporté le résultat de nouvelles recherches, était donc représenté par les observations de Carus, confirmées et étendues par Wagner, Bowerbank, Newport, Verloren, etc. On peut réduire à ces termes les résultats fournis par les investigations de tous ces naturalistes.

(1) *Considérations générales sur l'anatomie des Articulés*, p. 356, pl. 8, fig. 7, 8, 9, 10 (1828).

(2) *Handbuch der Entomologie*, t. I, S. 154 (1832).

(3) *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, by Todd, t. II, art. Insecta, p. 497 et 498, fig. 433 et 436.

(4) *Mémoire en réponse à la question suivante*, etc. (*Mémoires couronnés et Mém. des savants étrangers de l'Académie de Bruxelles*, t. XIX).

Chez les Insectes, il existe un vaisseau dorsal, centre de la circulation, ayant une portion cardiaque divisée en plusieurs chambres pourvues d'orifices latéraux pour la rentrée du sang, et une portion aortique destinée à porter le fluide nourricier vers la partie antérieure du corps. Le sang parvenu ainsi dans la tête se répand dans tous les espaces inter-organiques pour être ramené au vaisseau dorsal, en suivant des courants d'avant en arrière. Le liquide nourricier baigne par conséquent tous les organes, s'infiltre jusque dans les parties les plus profondes de l'économie jusqu'aux extrémités des appendices, sans y être conduit par des vaisseaux; les trachées recevant simplement le contact du sang, par les courants qui viennent à les baigner.

Ceci bien précisé, nous verrons maintenant de quelle façon nous devons décrire aujourd'hui d'une manière générale le mode de circulation chez les Insectes.

§ IV

Expériences. — Toujours on observait la circulation du sang dans les Insectes par le même procédé; toujours on voyait à peu près les mêmes choses. La question pouvait ainsi rester longtemps au même point. Il y avait pourtant un moyen simple de suivre chez ces Articulés tout le trajet du fluide nourricier; il suffisait de pousser des injections de liquide coloré. On n'a pas eu recours à ce procédé, ou si l'on y a eu recours, on n'a pas réussi à en tirer parti. Néanmoins, parmi les animaux invertébrés, il y en a peu où ce moyen d'investigation donne aussi facilement de bons résultats.

Souvent, à l'exemple de mes devanciers, j'avais examiné par transparence des larves de Névroptères et de Diptères. Comme eux, je m'étais convaincu de l'existence du mouvement circulatoire, des mouvements du vaisseau dorsal, du mouvement et de la direction des courants sanguins dans les espaces inter-organiques. J'étais convaincu de l'exactitude de leurs observations sous ces divers rapports.

Mais je ne pouvais m'empêcher de soupçonner qu'il existât

quelque chose de plus, une complication analogue à celle des autres appareils organiques des Insectes.

Comme je l'ai déjà dit, ainsi que je l'avais expérimenté ailleurs, les injections faites avec le soin convenable, chez des espèces d'une assez grande taille, me paraissaient très propres à fixer mes idées.

J'eus recours à ce moyen en diverses circonstances sans obtenir de résultat satisfaisant ; plus tard j'y revins avec la ferme résolution d'y mettre toute la persévérance possible. Le liquide que j'avais employé avec succès pour l'injection des Vers me semblait aussi être plus propre qu'aucun autre à l'injection des Insectes (1).

Successivement, je dirigeai mes expériences sur des larves et sur des Insectes adultes, sur des Coléoptères, des Orthoptères, aussi bien que sur des Diptères et des Hyménoptères. D'abord, je prenais les plus grandes précautions pour qu'aucun accident ne pût me jeter dans l'erreur. Mon premier soin était d'ouvrir l'animal par la partie supérieure, et de dégager le vaisseau dorsal dans toute sa longueur. Cette préparation achevée, je pratiquais une ouverture dans l'une des chambres postérieures, et tout

(1) Comme beaucoup d'autres liquides colorés seraient tout à fait incapables de fournir un bon résultat dans ces sortes de recherches, soit à cause de leur poids, soit à cause de leur faible coloration, soit à cause encore de la facilité avec laquelle ils pourraient s'attacher aux organes, les teindre, les salir, et rendre ainsi les préparations défectueuses ; comme aussi je désire beaucoup que tous les naturalistes puissent vérifier des faits aussi facilement *vérifiables*, j'indiquerai ici la nature de mon injection. Rien de plus simple. C'est du bleu de Prusse broyé à l'huile, celui dont les peintres font usage. Je délaie cette couleur dans l'essence de térébenthine rectifiée, de manière à obtenir un liquide très limpide et cependant très foncé.

L'avantage du bleu est de donner une couleur intense avec peu de matière, et d'avoir un poids assez léger pour demeurer longtemps en suspension ; d'ailleurs le bleu de Prusse se dissout même un peu dans l'essence. La plupart des autres couleurs sont mauvaises pour les injections délicates. Le vermillon et le minium sont trop lourds et précipitent trop vite : on ne réussit pas à les faire pénétrer dans des espaces étroits. Les couleurs végétales, comme les laques, le carmin, etc., se dissolvent ; mais elles donnent une coloration si faible, qu'on ne les distingue pas nettement dans les vaisseaux.

aussitôt j'y faisais pénétrer l'injection. Rien de plus facile que de remplir ce vaisseau dorsal, quand on agit avec le soin exigé par l'extrême délicatesse d'un organe de cette nature.

En disséquant la tête d'individus ainsi injectés, en mettant à nu les ganglions cérébroïdes, je distinguai sans peine la portion aortique du vaisseau dorsal passant sous ces centres nerveux, s'élargissant un peu ensuite, et fournissant quelques branches fort courtes.

M. Newport avait déjà vu cette terminaison chez la Vanesse de l'ortie (*Vanessa urticæ*). Mais sous le poids de l'injection, l'extrémité du vaisseau et les petites branches qui en dérivent se dilatent considérablement. On voit de la manière la plus distincte les parois vasculaires devenir de plus en plus minces, ou de moins en moins résistantes. Ces branches s'évasent alors vers leur extrémité, et retiennent difficilement le liquide injecté. Enfin, on voit que le vaisseau dorsal se termine dans la portion supérieure de la tête ; que là, ses parois finissent.

Cette expérience répétée un grand nombre de fois sur les espèces les plus différentes, il n'y avait plus moyen d'en douter. Le vaisseau dorsal ne présente point de branches sur son trajet, et ses divisions antérieures ne sont en réalité que des indices de branches ; elles ne se prolongent pas même jusqu'à la partie tout à fait antérieure de la tête.

Continuant à injecter des Insectes par leur vaisseau dorsal, je m'attachais à y faire passer une assez grande quantité de liquide. L'injection se répandait naturellement dans les cavités de la tête, puis dans celles du thorax, puis dans celles de l'abdomen. Ayant soin de placer mes préparations dans l'eau, le liquide introduit dans les lacunes, plus léger que l'eau, venait tout aussitôt à la surface, et ne pouvait rester que dans les endroits où il était réellement enveloppé.

On devait s'attendre à ne plus conserver de liquide injecté que dans le vaisseau dorsal, sachant où il se termine, sachant comment les parois disparaissent. Cependant, l'injection avait pénétré ailleurs ; le système trachéen avait pris la couleur du liquide injecté.

Au premier abord, pouvait-on croire à une rupture, et à l'en-

trée du liquide dans les tubes trachéens eux-mêmes ? A ce moment, je comprenais peu encore ce que je voyais ; mais j'opérais sur des Insectes vivants, dont l'appareil respiratoire était par conséquent rempli d'air. Or, souvent j'avais tenté de remplir ce système avec des matières colorantes dans le but de le rendre plus distinct, et d'en conserver des préparations ; j'avais pu me convaincre ainsi de l'impossibilité de faire pénétrer le moindre atome dans les trachées d'un Insecte vivant. Je ne m'expliquais nullement ce qui s'était passé.

Ouvrant alors les plus gros troncs trachéens, je vois s'échapper non pas le liquide injecté, mais de l'air. Dans les tubes d'où l'air a été expulsé, sans doute, par une pression un peu forte, je ne trouve pas de liquide. Il n'y a plus de doute, ce sont les parois qui recèlent le liquide coloré.

Ont-ils été imbibés ? Ont-ils subi une véritable teinture? Telle est la question qu'on pourrait se poser. Certainement, ce n'est pas cela.

L'injection que j'emploie n'adhère pas aux tissus, ne laisse aucune salissure, aucune trace de son passage. Tous les organes qui ont subi son contact demeurent parfaitement nets.

J'examine sous la loupe et sous le microscope des fragments de trachées ; je tire avec précaution le fil spiral, interposé entre les deux membranes ou tuniques, constituant ces tubes aériens ; et en même temps, je fais couler le liquide coloré. Toute incertitude est impossible. Le liquide injecté a passé entre les deux membranes des trachées, et cela jusqu'aux extrémités les plus déliées. L'injection a suivi ici le trajet que suit le fluide nourricier. Traversant le vaisseau dorsal, elle s'est répandue dans toutes les lacunes inter-organiques. Parvenue dans les lacunes avoisinant l'origine des tubes respiratoires, elle s'est introduite entre les deux tuniques trachéennes.

Puisque le sang, après avoir passé dans la longueur du vaisseau dorsal, s'épanche aussitôt dans des lacunes, on devait arriver à constater les mêmes faits en injectant de suite par ces méats compris entre les viscères ; ce qui devenait alors beaucoup plus facile.

En effet, soit que l'on introduise le liquide coloré par le vaisseau dorsal, soit qu'on le fasse pénétrer directement dans les lacunes, on remplit de suite tout l'ensemble de l'appareil de la circulation.

Certes, il est bien évident que l'injection suit le trajet ordinaire du sang, quand elle s'infiltre entre les membranes trachéennes ; mais si un doute était possible à cet égard, d'autres preuves ne manqueraient pas. Peu de temps après que j'eus exposé mes recherches à l'Académie des Sciences, M. Newport songea à un moyen de vérification ; il examina sous le microscope si des corpuscules du sang se trouvaient engagés entre les membranes trachéennes ; il les trouva, et fit part, je crois, de cette confirmation au congrès scientifique d'Oxford, au mois de juillet 1847. Depuis, j'ai recherché de mon côté les corpuscules du sang entre les tuniques des tubes respiratoires chez un grand nombre d'espèces, et toujours je suis parvenu à en rencontrer. Si l'on place un fragment d'un gros tronc trachéen sous le microscope, et si l'on tire avec précaution le fil spiral, on fait couler le liquide sanguin, et il est rare de ne pas voir surnager quelques corpuscules.

En outre, si la plupart des Insectes ont le sang incolore et les trachées également sans coloration, il y en a parmi eux qui ont les trachées soit grisâtres, soit jaunâtres, ou même un peu rougeâtres. Or, quand on ouvre une de ces espèces dont les trachées sont colorées, le sang étant en petite proportion peut paraître incolore ; mais si dans un tube étroit on parvient à en amasser une quantité assez forte, on le trouve gris chez les espèces qui ont les trachées grises, jaune chez celles dont les tubes respiratoires sont jaunâtres. En un mot, les organes de la respiration prennent la nuance qu'affecte le fluide nourricier.

Rien de plus remarquable et de plus élégant qu'un Insecte convenablement injecté. Toutes les trachées, qui se ramifient en branches si nombreuses et si fines sur tous les organes, sont colorées par l'injection. Cependant, comme je viens de le dire, pas la plus petite gouttelette de liquide n'a pénétré dans leur intérieur.

La structure de ces tubes respiratoires se trouve ainsi expliquée ; ils sont formés, comme on le sait, de deux membranes, entre lesquelles se trouve interposé un fil solide, contourné en spirale. Puisque c'est entre les deux membranes que pénètre le liquide sanguin, celui-ci se trouve ainsi de toutes parts en contact avec l'air contenu dans l'intérieur des trachées. L'usage du fil spiral se montre maintenant sous un double rapport ; il ne sert pas seulement à donner la résistance et l'élasticité nécessaires aux tubes aérifères ; il sert encore à maintenir, écartées l'une de l'autre, les deux tuniques trachéennes, et à les tenir béantes près des orifices respiratoires pour livrer passage au fluide nourricier. La membrane interne seule se continue avec le tégument qui borde les stigmates.

Quand les trachées des Insectes deviennent vésiculeuses, leur fil spiral disparaît. Les deux tuniques se rapprochent l'une de l'autre. Alors on distingue ordinairement entre elles des canaux extrêmement nombreux et d'une très grande finesse qui les parcourent en tous sens ; mais ils ne m'ont jamais offert rien de bien régulier.

En résumé, si l'on injecte un Insecte par le vaisseau dorsal, le liquide, après l'avoir traversé dans toute sa longueur, s'épanche dans les lacunes de la tête et du thorax, vient se répandre aussi dans les lacunes abdominales, et baigner tous les organes. Il pénètre alors entre les deux membranes trachéennes, par les lacunes qui entourent l'origine des tubes respiratoires ; puis il est ramené dans le vaisseau dorsal par des canaux efférents, qui s'étendent sous la paroi supérieure de l'abdomen depuis la base des faisceaux trachéens jusqu'aux orifices auriculo-ventriculaires du vaisseau dorsal.

Ces canaux, déjà aperçus par M. Newport, sont formés presque exclusivement de tissu cellulaire aggloméré ; ils ne sont par conséquent que peu ou point isolables par la dissection. Si l'on injecte un Insecte directement par les lacunes, le liquide revient en partie dans ces canaux efférents, et de là dans le vaisseau dorsal, comme le fait le sang lui-même. Ainsi, pour remplir le vaisseau, il n'est pas nécessaire de l'injecter directement ; on le remplit même d'autant mieux en faisant passer d'abord le liquide par les lacunes :

de cette manière, il reste intact; on ne lui pratique aucune ouverture.

J'ai dû me préoccuper aussi de la nature du vaisseau ou canal *supra-spinal*, comme l'appelle M. Newport, régnant au-dessus de la chaîne ganglionnaire; or, j'ai pu me convaincre encore par l'injection que là règne un courant du sang qui vient de s'échapper du vaisseau dorsal, comme il en règne sur les parties latérales du corps de chaque côté du tube intestinal; seulement, un peu de tissu fibreux, plus ou moins serré suivant les types, limite mieux la colonne passant au-dessus du système nerveux.

§ V.

Conclusions à tirer des expériences. — J'ai étudié la circulation chez un assez grand nombre de types de la classe des Insectes, pour avoir acquis la certitude qu'il n'y a point de différence essentielle entre les divers représentants de cette grande division zoologique. Les faits que j'ai observés ne viennent pas infirmer les faits précédemment observés; ils s'y ajoutent, et viennent seulement infirmer certaines interprétations généralement adoptées.

La manière dont s'effectue en réalité la circulation des Insectes peut paraître encore assez simple, quand on connaît, du reste, l'organisation de ces animaux. On savait, en effet, depuis longtemps quelle était la structure des trachées; seulement aujourd'hui, il est démontré que le fluide nourricier pénètre entre les deux membranes qui les constituent; c'est là véritablement presque le seul fait capital à ajouter à ceux précédemment introduits dans la science. Mais, par suite de cette observation, il faut comprendre le phénomène de la circulation des Insectes d'une tout autre manière qu'on ne le comprenait; il faut comprendre également la nutrition d'une tout autre manière qu'on ne la comprenait.

Ce qui aurait dû peut-être surprendre d'après l'explication ordinaire, d'après l'explication répandue dans tous les ouvrages d'anatomie et de physiologie, c'était l'indépendance supposée

exister en quelque sorte entre l'appareil respiratoire et l'appareil circulatoire.

Les trachées, suivant l'opinion générale, ne devant se trouver au contact du liquide nourricier que par les courants traversant les lacunes comprises entre les organes.

Néanmoins on ne s'arrêta pas à cette difficulté.

En réalité, le sang va chercher l'air, exactement comme cela a lieu chez les animaux à respiration pulmonaire ou branchiale ; car c'est par suite de son mouvement régulier qu'il vient s'infiltrer entre les membranes trachéennes.

A cet égard, il n'y a donc pas de différence physiologique avec ce qui existe ailleurs. Ailleurs, il est vrai, l'appareil respiratoire est localisé ; et ici, il est disséminé dans toutes les parties du corps : il est *diffus*.

Ainsi, c'est la différence anatomique qui est frappante, et non pas la différence physiologique.

Certes, chez des animaux dont l'activité est aussi grande que chez les Insectes, la combustion de l'oxygène doit être rapide. Il était difficile de s'expliquer comment de larges courants sanguins pouvaient, dans leur rapide passage, prendre suffisamment l'oxygène de l'air contenu dans les trachées. La plupart de ces courants ont une épaisseur telle que la masse entière du sang ne saurait venir au contact des tubes respiratoires.

Maintenant, au contraire, tout ce qui est relatif à la réoxygénation du sang s'explique parfaitement, et se comprend de soi-même. Le fluide nourricier pénétrant entre les deux membranes trachéennes, si rapprochées l'une de l'autre, se trouve divisé par couches d'une minceur extrême ; il n'est séparé de la colonne d'air que par une seule membrane.

Mais n'est-ce pas plus encore sous le rapport de la nutrition que ces tubes respiratoires, dont nous connaissons la nature actuellement, doivent arrêter notre attention ? En portant de l'air dans leur intérieur, ils portent le sang dans leur périphérie. Ces trachées divisées et ramifiées à l'infini dans la profondeur de l'économie conduisent ainsi le fluide nourricier à tous les organes, à tous les muscles, au moment même où il vient de subir le con-

tact de l'air. C'est le sang nouvellement artérialisé, le sang propre à vivifier, à nourrir tous les organes, qui est porté au moyen de ces tubes si délicats et si nombreux.

Les trachées, organes de respiration essentiellement, remplissent donc aussi le rôle dévolu aux artères chez les animaux vertébrés, comme chez la plupart des Mollusques, comme chez les Crustacés et les Aranéides, c'est-à-dire le rôle de vaisseaux nourriciers.

Le sang, chez les Insectes, est fourni de cette manière aux organes dans un état de division extrême, puisqu'il y arrive par des vaisseaux de la plus grande ténuité. La nutrition et l'assimilation s'opèrent en réalité comme chez les animaux supérieurs. On en avait donc une idée bien fausse quand on supposait les organes baignés seulement par les courants de liquide sanguin.

Sous le rapport physiologique, il se passe ici encore ce qui se passe chez les Vertébrés, chez les Mollusques, chez les Crustacés.

Sous le rapport anatomique, au contraire, c'est quelque chose de tout particulier. Il n'y a plus d'organes spéciaux ; il n'y a plus de vaisseaux nourriciers faisant exclusivement l'office de vaisseaux nourriciers ; il semble que ce soient ici des organes empruntés pour la circulation, tant les trachées ont paru être jusqu'ici simplement des organes respiratoires. Néanmoins, on peut aussi considérer ces tubes presque autant comme des vaisseaux sanguins que comme des vaisseaux aériens ; ils sont en effet l'un et l'autre ; ils sont peut-être aussi bien l'un que l'autre.

Il semble que le vaisseau sanguin a plutôt emprunté le trajet du tube aérifère en se formant autour de celui-ci. Remarquons toutefois que si la trachée était réduite à une seule membrane, elle ne pourrait supporter la pression déterminée par la sortie et l'entrée de l'air. Des anévrismes se produiraient de toutes parts, et ils ne tarderaient sans doute pas à se rompre.

La présence de deux membranes, contenant entre elles un fil solide contourné en spirale, paraît d'une absolue nécessité pour constituer réellement ces tubes respiratoires : c'est cette considé-

ration surtout qui peut les faire regarder comme organe d'emprunt pour le trajet du sang.

L'espace inter-membranulaire des trachées, en rapport direct avec les lacunes, ne reçoit le fluide nourricier que par cette voie. Doit-on, d'après cela, le regarder simplement comme une continuation des lacunes?

Assurément, peu importe, il n'y a aucune incertitude sur les faits; il n'y a aucune incertitude possible aujourd'hui ni sur la disposition anatomique de ces parties, ni sur leur rôle physiologique; c'est seulement une affaire de dénomination, et alors, encore une fois, peu importe.

Les espaces inter-membranulaires des trachées reçoivent le sang des lacunes, qui, elles-mêmes, le reçoivent du vaisseau dorsal; ils sont donc véritablement la continuation des lacunes. Cependant, comme, en général, on désigne sous ce nom les espaces, les méats, compris entre les organes, espaces le plus ordinairement sans limites nettes, il faut bien reconnaître ici quelque chose d'infiniment plus parfait, les espaces inter-membranulaires étant limités comme de véritables vaisseaux.

Les trachées nous donnent en réalité l'image de vaisseaux aérifères renfermés dans des vaisseaux sanguins.

Il n'y a pas de veines proprement dites chez les Insectes. Comme chez les Mollusques et les Crustacés, le sang, conduit à tous les organes, paraît se perdre de nouveau dans le système lacunaire. C'est seulement par endosmose que le sang dans lequel est baigné l'intestin s'enrichit des produits de la digestion.

Les canaux régnant sous la paroi supérieure de l'abdomen, et ramenant le sang jusqu'aux orifices auriculo-ventriculaires du vaisseau dorsal, ont été décrits seulement par M. Newport. Cet anatomiste, examinant par transparence, avait vu ces canaux efférents si bien délimités, qu'il était porté à admettre l'existence de parois.

L'injection devait conduire naturellement à mettre en évidence la nature de ces canaux.

Comme je l'ai constaté en détachant avec tout le soin possible la paroi abdominale supérieure d'Insectes injectés, ils sont for-

més presque exclusivement de tissu cellulaire fixé au tégument même ; ils ne présentent par conséquent rien de net. Dans certaines espèces, j'ai distingué, j'ai isolé aussi des commencements de parois, mais toujours fort incomplètes.

En un mot, ces conduits efférents méritent tout à fait d'être appelés des canaux et non des vaisseaux. Il est presque inutile d'ajouter qu'ils sont toujours en nombre égal des deux côtés du corps à celui des orifices auriculo-ventriculaires du vaisseau dorsal.

Le vaisseau dorsal doit contenir surtout du sang veineux, du sang qui a servi à la nutrition. Ceci paraît évident, d'après la disposition anatomique des organes servant à la circulation chez les Insectes.

Du reste, le fluide nourricier s'artérialisant par son passage dans la périphérie des tubes trachéens, il est tout simple que le centre de la circulation renferme du sang, ayant besoin de ce passage pour être rendu propre à la nutrition.

Les canaux efférents, à la vérité, plongeant jusqu'à la base des organes respiratoires, il se pourrait qu'ils reprissent une certaine quantité du sang qui vient de subir le contact de l'air ; il y aurait alors mélange.

Ainsi, d'après les faits constatés sur un nombre immense d'Insectes de tous les ordres, je dois définir de cette manière générale la circulation dans ce type zoologique.

Chez tous les Insectes, il existe un vaisseau dorsal, centre de la circulation, ayant une portion cardiaque et une portion aortique. La portion cardiaque divisée en compartiments ou chambres, dont le nombre est variable suivant les types ; ces chambres pourvues d'orifices latéraux pour la rentrée du sang ; la portion aortique destinée à porter le fluide nourricier vers la partie antérieure du corps. Le sang, parvenu ainsi dans la tête, se répand dans tous les espaces inter-organiques ; en même temps, il est déversé dans les lacunes situées près l'origine des tubes respiratoires, et pénètre alors entre les membranes trachéennes, maintenues béantes à leur base, au moyen d'un fil spiral. Le fluide nourricier, porté de cette manière à tous les organes entre les deux tuniques constituant les tubes respiratoires, n'est séparé

de la colonne d'air que par une seule membrane ; il subit la réoxygénation pendant son trajet même. Les trachées deviennent ainsi dans leur périphérie de véritables vaisseaux nourriciers. Le sang, retombant ensuite dans les espaces interfibrillaires, et de là dans les grandes lacunes, est ramené au vaisseau dorsal par des canaux efférents formés de tissu cellulaire, mais privés de parois membraneuses.

§ VI.

De l'appareil circulatoire dans les divers types de la classe des Insectes en particulier. — Après ce qui a été exposé précédemment, les détails que nous avons à signaler maintenant sont d'un médiocre intérêt. Déjà, j'ai fait remarquer combien sont minimes les différences qui existent d'un type à l'autre.

Je n'ai à signaler que de légères modifications dans la forme ou la texture du vaisseau dorsal, dans le nombre de ses cloisons, la nature de ses points d'attache, et dans le nombre des faisceaux trachéens, dans leurs principales divisions, dans leur nature entièrement tubuleuse ou en partie vésiculeuse.

Sous ce dernier rapport, des différences se manifestent d'un groupe à l'autre, d'une famille à l'autre ; mais ce sont de ces légères différences sans importance au point de vue physiologique, paraissant aussi fournir des caractères de bien peu de valeur au point de vue zoologique.

Néanmoins, pour appuyer les faits généraux relatifs à la circulation des Insectes, par des faits de détails ayant tout le caractère de la précision, je crois devoir donner une description de l'ensemble des organes servant à cette fonction, dans un type au moins de chacun des principaux ordres de la classe des Insectes. Les figures que nous avons publiées récemment dans la nouvelle édition du *Règne animal* de Cuvier en faciliteront beaucoup l'intelligence.

§ VII.

Dans les Coléoptères (exemple principal : *Dyticus marginalis* Lin.). — Chez tous les Insectes de cet ordre, le vaisseau dorsal se présente à peu près avec les mêmes caractères. La portion cardiaque est beaucoup plus large que la portion aortique. Ses

chambres sont dessinées par des rétrécissements assez prononcés : on les distingue sans difficulté à l'aide d'une simple loupe, et même sans ce secours chez les grandes espèces, comme les Hydrophiles, les Dytiques, les Mélolonthes, les Cérambyx, etc.

Les Dytiques étant fort communs presque en toute saison, et étant d'une grande taille, c'est sur eux principalement que j'ai fait une grande partie de mes expériences.

Chez ces Coléoptères, le vaisseau dorsal est maintenu fixé à la partie supérieure de l'abdomen par des fibres musculaires puissantes ; aussi, rien de plus facile que de voir dans les Dytiques ces ailes du vaisseau dorsal déjà si bien figurées par M. Straus, d'après le Hanneton. Il existe aussi de fines bandelettes longitudinales, que nous retrouverons ailleurs, du reste, plus distinctes encore.

La portion cardiaque du vaisseau dorsal a des parois assez résistantes, et il est rare que l'on éprouve de bien grandes difficultés pour l'injecter. Les cloisons sont au nombre de sept, toutes à peu près de la même longueur ; mais les deux dernières un peu plus minces que les autres. Le nombre de ces chambres du vaisseau dorsal chez tous les Insectes paraît coïncider d'une manière constante avec celui des orifices stigmatiques ou des faisceaux trachéens de l'abdomen. La portion aortique n'est pas d'une très grande ténuité dans les Dytiques ; aussi est-il très facile de l'isoler, surtout après y avoir fait pénétrer un liquide coloré.

L'aorte ayant passé sous le cerveau donne naissance, comme chez la plupart des autres Insectes, à de très petites branches. Il n'est pas fort difficile, quand elles sont dilatées par l'injection, de voir leurs parois s'amincir, devenir de plus en plus diaphanes, et bientôt disparaître totalement.

Les lacunes, chez les Dytiques, ont une très grande largeur. Dans la tête, dans le thorax, les méats sont très vastes ; mais ils le sont davantage encore à la base de l'abdomen, de chaque côté de l'intestin, surtout quand les organes de la génération ne sont pas dans leur état de turgescence. Le passage dans les parties lacuneuses des appendices, comme les pattes, les antennes, les ailes, est également facile.

Les tubes trachéens ont un volume très grand chez ces Coléoptères. Le faisceau naissant du stigmate prothoracique est le plus considérable. La plus grosse branche remonte vers la partie supérieure du corps, et, venant rejoindre celle du côté opposé, elle forme avec elle une arcade exactement au-dessus de l'œsophage. De ce point partent deux rameaux puissants qui, se rejoignant dans la tête, donnent une branche aux yeux, une autre aux antennes, une autre encore à la lèvre supérieure ; toutes ces branches se divisent en ramuscules, d'une finesse inimaginable. En dehors de ces troncs céphaliques naissent deux branches, l'une se distribuant aux mandibules et aux mâchoires, l'autre à la lèvre inférieure. La seconde branche principale du faisceau thoracique donne ses rameaux aux muscles du thorax, à ceux de la portion inférieure de la tête et aux pattes de devant.

Le même faisceau trachéen donne, en outre, en arrière et plus profondément, des branches aux pattes intermédiaires et postérieures, et un tronc considérable d'où naissent les rameaux alaires, et qui rejoint l'orifice respiratoire du premier anneau abdominal.

Les faisceaux trachéens de l'abdomen sont au nombre de sept, formés chacun de quatre, cinq ou six branches principales. Les trois premiers donnent leur branche antérieure au jabot, tandis que les autres vont se ramifier dans les muscles et sur le système nerveux. La première branche du quatrième faisceau se ramifie en remontant sur le gésier ; d'autres se distribuent soit aux testicules, soit aux ovaires ; quelques unes, en outre, se ramifient encore, de même que plusieurs autres des cinquième et sixième faisceaux sur le ventricule chylifique et l'intestin. Les rameaux inférieurs sont dévolus aux muscles de la partie ventrale et au système nerveux. Enfin, le septième faisceau, plus petit que les autres, donne plusieurs ramifications au rectum.

Il y a peu d'Insectes où j'aie trouvé les canaux efférents aussi nets que chez les Dytiques. Quand ils sont remplis par l'injection, si l'on réussit à détacher le tégument supérieur de l'abdomen sans trop les déchirer, ils forment des sortes d'arcades depuis le vaisseau dorsal jusqu'à l'origine des faisceaux trachéens. J'ai vu

nettement en plusieurs circonstances des traces de membranes, mais toujours si incomplètes qu'il était impossible, en voulant les isoler, de ne pas arracher le tissu cellulaire limitant les canaux. Le sang est à peine coloré chez les Coléoptères, surtout à l'état adulte.

Dans les larves du *Dyticus marginalis*, j'ai observé souvent aussi le phénomène de la circulation. Mais je n'ai à signaler d'autres différences avec ce qui existe chez l'adulte qu'un peu moins d'épaisseur du vaisseau dorsal, moins de solidité dans les ailes qui le fixent aux téguments, un développement moindre des troncs trachéens.

Chez tous les autres types de Coléoptères, le vaisseau dorsal par sa texture, par la nature des muscles qui le maintiennent, ressemble totalement à ce que j'ai décrit dans les Dytiques. Dans les Meloes (*M. proscarabæus*), sa portion cardiaque a notablement plus de largeur. Les différences consistent plutôt dans les divisions des tubes trachéens, et encore ces différences sont-elles assez légères dans la plupart des cas.

§ VIII.

DANS LES ORTHOPTÈRES (exemple principal : la grande Sauterelle verte, *Locusta viridissima* Lin.) (1). — La Sauterelle verte est un insecte favorable pour l'étude de ces parties délicates à cause de sa grande taille, à cause aussi du développement de certains organes.

Le vaisseau dorsal, comparativement à la dimension du corps, est plus grêle que chez les Coléoptères en général. La portion cardiaque présente huit chambres nettement indiquées par des rétrécissements assez prononcés (2). Cette partie du vaisseau dorsal est fixée aux téguments par des brides musculaires très résistantes.

Les ailes (3) sont formées de fibres extrêmement serrées, et

(1) Pl. 1.
(2) Pl. 1, fig. 4 et 5—*a*.
(3) Fig. 5—*b*.

au-dessous l'on trouve des bandelettes musculaires longitudinales d'une assez grande largeur (1).

L'aorte est d'une grande ténuité ; elle passe sous les ganglions cérébroïdes en s'élargissant d'une manière très notable (2). En avant de ces centres nerveux, elle fournit quelques branches ; l'une d'elles s'étend presque jusqu'à l'origine des antennes, les autres sont dirigées en avant.

Les lacunes sont assez resserrées chez la Sauterelle ; les organes, déjà entourés de tissu adipeux et d'une grande quantité de tissu cellulaire, ne laissant entre eux que des espaces fort circonscrits.

Chez ces Orthoptères, le système trachéen acquiert un développement considérable. Les tubes respiratoires ne sont pas vésiculeux ; mais ils sont extrêmement larges. Il y a ici un fait assez curieux à noter ; en général, lorsqu'on vient à ouvrir des Sauterelles vivantes, leurs trachées, au lieu de paraître arrondies, comme cela se voit dans les autres types, sont aplaties, déprimées ; elles renferment une petite quantité d'air. C'est seulement quand ces Insectes prennent leur vol pour un voyage d'une certaine durée que les organes respiratoires se remplissent.

Nous trouvons chez la Sauterelle verte (3) un faisceau trachéen prothoracique, moins volumineux que les tubes abdominaux. Il fournit antérieurement une branche principale, une branche céphalique, émettant en avant, dès son origine, trois rameaux, qui se distribuent aux muscles du thorax et de la tête. La branche céphalique remontant se divise en deux branches : l'une, plus grosse, qui passe au dessus de l'œsophage, rejoint celle du côté opposé, au-dessus du cerveau, et forme une sorte d'arcade, d'où naissent de nombreuses ramifications ; l'autre, plus mince, qui passe sous l'œsophage et les centres nerveux cérébroïdes, en donnant des rameaux aux glandes salivaires (4). Le faisceau trachéen du

(1) Pl. 1, fig. 5—*c*.
(2) Pl. 1, fig. 3—*l*.
(3) Pl. 1, fig. 1 et 2—*a*.
(4) Pl. 1, fig. 2—*g*.

prothorax émet en arrière une branche, rejoignant le faisceau métathoracique, et fournit sur son trajet des branches aux organes du vol et aux muscles du thorax.

Les faisceaux trachéens de l'abdomen sont au nombre de huit ; ils présentent à leur base deux tubes principaux qui remontent de chaque côté, et viennent s'unir à un tube longitudinal partant de l'extrémité des troncs du premier faisceau trachéen abdominal, et s'étendant jusqu'à l'extrémité du corps (1). C'est principalement de ces tubes longitudinaux que naissent toutes les petites ramifications distribuées au tissu cellulaire de la portion supérieure de l'abdomen, et au vaisseau dorsal lui-même. En outre, le premier et le dernier faisceau donnent des branches qui se ramifient sur le ventricule chylifique, et remontent sur le gésier et le jabot (2). Les troisième, quatrième et cinquième faisceaux donnent des branches à la partie grêle du ventricule chylifique. Les quatre derniers en fournissent de très rameuses soit aux testicules, soit aux ovaires (3) et aux parties accessoires, comme la poche copulatrice, la glande sérifique (4). Le dernier faisceau donne aussi des branches qui remontent sur l'intestin (5).

En outre, tous les faisceaux trachéens, qui sont unis à leur base par un tube d'un médiocre volume, mais plus dilaté vers son milieu qu'à ses extrémités, émettent encore une branche volumineuse : cette branche, passant sous les viscères, s'anastomose avec des tubes trachéens longitudinaux. Ces derniers, au nombre de quatre, règnent des deux côtés de la chaîne ganglionnaire entre les bandelettes qui la maintiennent dans toute la longueur de l'abdomen. Ce sont ces larges tubes (6) qui fournissent les ramifications les plus déliées aux ganglions et aux bandelettes musculaires.

Nous devons remarquer dans le système trachéen de la Sauterelle verte, combien les anastomoses sont multipliées en compa-

(1) Pl. 1, fig. 1.

(2) Pl. 1, fig. 2—*e*, *d*, *c*.

(3) Pl. 1, fig. 2—*h*.

(4) Fig. 2—*l*, *k*.

(5) Fig. 2—*f*.

(6) Pl. 1, fig. 2.

raison de ce qui se voit ailleurs ; de là, ces tubes longitudinaux, assez rares chez les autres Insectes et, au contraire, très multipliés dans ce type.

Les canaux efférents sont simplement creusés ici dans la masse du tissu cellulaire, qui occupe toute la portion supérieure de l'abdomen. Le sang présente une couleur d'un jaune verdâtre assez pâle. Il y a peu d'Insectes où le fluide nourricier soit chargé d'une aussi grande quantité de corpuscules que la Sauterelle ; ils ont ici une forme un peu ovoïde, et leur bords assez réguliers. Les différences de forme qu'ils présentent entre eux sont fort légères.

Chez les Acridiens, le système trachéen ressemble à celui de la Sauterelle ; mais les tubes respiratoires sont plus dilatés encore.

§ IX.

Dans l'ordre des Névroptères (exemple principal : *Æshna forcipata* Fab.) (1). — Chez les Névroptères en général, chez les Libelluliens en particulier, le vaisseau dorsal est d'une grande ténuité. Dans la portion cardiaque, on distingue à peine les cloisons ; car ici elles ne sont pas indiquées par des rétrécissements sensibles. J'en ai compté sept cependant chez l'*Æshna forcipata.* La portion aortique devient plus grêle encore.

Le faisceau prothoracique fournit en avant plusieurs branches qui se distribuent dans la tête, et, en arrière, un tube rejoignant les faisceaux abdominaux, tout en donnant sur son trajet des branches aux ailes, et de beaucoup plus nombreuses aux muscles. Sur leur trajet, ces tubes respiratoires présentent des dilatations très sensibles. Les faisceaux de l'abdomen sont presque semblables les uns aux autres ; on en compte sept. A leur origine, c'est-à-dire à la partie inférieure de l'abdomen, ils sont unis les uns aux autres par un tube longitudinal ; c'est de ce tube que naissent les fines ramifications dévolues au système nerveux. En outre, de l'origine de ces faisceaux partent encore deux branches principales, l'une, latérale, s'anastomosant avec un tube trachéen longitudinal ; l'autre, remontant, pour s'anastomoser

(1) Pl. 2.

aussi avec un tube longitudinal qui règne de chaque côté de l'intestin, et se réunit à celui du côté opposé à la base de l'abdomen, en formant une sorte d'arcade au-dessus du canal alimentaire. De ce point naissent plusieurs trachées vésiculeuses; mais leur volume n'est pas très considérable. Toutes les ramifications, qui se distribuent au tube digestif et aux organes de la génération, partent des trachées longitudinales régnant près de l'intestin; on remarque aussi quelques petites vésicules assez éloignées les unes des autres.

Les canaux efférents sont ici très difficiles à mettre à nu; le tissu cellulaire, au milieu duquel ils sont creusés, ayant fort peu d'épaisseur.

§ X.

DANS LES HYMÉNOPTÈRES (exemple principal : l'Abeille, *Apis mellifica* Lin.) (1). — L'Abeille devait être signalée ici non seulement comme l'un des représentants de l'ordre des Hyménoptères, mais aussi comme l'un des types principaux de la classe entière des Insectes.

Il importait d'autant plus de l'étudier sous le rapport de la circulation, que son appareil trachéen offre un développement très remarquable.

L'Abeille étant d'une assez petite dimension, son vaisseau dorsal est grêle; aussi n'est-il pas facile de l'injecter directement; mais on y réussit en poussant le liquide coloré dans les lacunes, d'où il revient en partie dans le vaisseau dorsal en passant par les canaux efférents. Ce vaisseau dorsal est fixé au tégument par des ailes fibreuses d'une très grande minceur. Sa portion cardiaque présente seulement quatre cloisons ou cinq chambres. Il en est de même chez les Bourdons, comme M. Newport l'a déjà constaté. Sa portion aortique, extrêmement grêle, passe sous les ganglions cérébroïdes pour se diviser à son extrémité (2).

(1) Pl. 3, fig. 1.
(2) Pl. 3, fig. 2.

Les lacunes sont assez vastes chez l'Abeille, au moins dans l'abdomen, que l'appareil digestif remplit incomplétement.

Les trachées prennent un développement chez les Abeilles, qu'on ne retrouve dans aucune autre famille d'Insectes.

Le faisceau prothoracique fournit en avant des troncs qui pénètrent dans la tête : l'un, en passant au-dessus des ganglions cérébroïdes ; l'autre, en passant dessous pour distribuer ses rameaux aux diverses pièces de la bouche. Le faisceau thoracique fournit encore les branches des ailes et celles des muscles, et d'une partie du système nerveux. Dans la tête et sur les côtés du thorax particulièrement, plusieurs trachées sont vésiculeuses, mais leur grosseur est très minime.

Les trachées abdominales forment cinq faisceaux de chaque côté (1); mais elles présentent latéralement des vésicules d'une ampleur énorme se confondant les unes avec les autres. La première vésicule est toutefois la plus considérable, car, de chaque côté, elle occupe au moins le tiers de la cavité abdominale. Des trachées tubuleuses se distribuent néanmoins sur l'intestin dans les muscles abdominaux, et sur le système nerveux. Les figures donnent, du reste, une idée plus nette de ces faisceaux et de leurs divisions que les descriptions les plus détaillées.

L'Abeille était peut-être l'insecte le plus favorable pour suivre le mouvement circulatoire dans les trachées vésiculeuses, à cause de leur développement. En les soumettant au microscope soit injectées, soit même sans injection, on voit de la manière la plus nette que les deux tuniques n'étant plus séparées l'une de l'autre, comme dans les trachées tubuleuses, par un fil spiral, se sont rapprochées l'une de l'autre; mais le sang continuant à s'infiltrer, se pratique des canaux dirigés en tous sens, et anastomosés entre eux sur tous les points (2). Ces canaux étant d'une extrême petitesse, et tous très rapprochés les uns des autres, on ne les distingue pas à la vue simple ou à l'aide de la loupe seulement, même quand ils sont injectés. La trachée paraît colorée uniformément. Il faut

(1) M. Newport les a figurées d'après le Bourdon (*Bombus terrestris*), *Philosophical Transact.*, 1834, et *Cyclopædia of Anat. and Phys.*, vol. II, p. 986.

(2) Pl. 3, fig. 3

un grossissement assez considérable pour bien voir ces réseaux.

Les canaux efférents, qui ramènent le sang dans le vaisseau dorsal, sont simplement des rigoles limitées par un peu de tissu cellulaire appliqué contre la paroi supérieure de l'abdomen.

Dans les autres Hyménoptères, nous n'avons pas reconnu de particularités assez importantes pour être mentionnées. En général, ces Insectes ont de grosses trachées vésiculeuses; mais leur dimension est presque toujours moindre que chez l'Abeille ; souvent le nombre des chambres de la portion cardiaque du vaisseau dorsal s'élève à six ou sept.

Le sang est toujours à peu près incolore. Les globules sont extrêmement petits chez l'Abeille, et d'une forme presque arrondie.

§ XI.

Dans les Lépidoptères (exemple principal : le *Sericaria Mori* Lin., Ver à Soie). — Les modifications du vaisseau dorsal sont moindres ici peut-être que dans tous les autres ordres. Entre tous les Lépidoptères que j'ai examinés, je n'ai pas trouvé de différences sensibles. Le centre de la circulation, chez le Bombyx du Mûrier, est maintenu au milieu d'une masse de tissu cellulaire et d'un nombre très considérable de trachées. Il adhère peu à la paroi supérieure de l'abdomen ; aussi celle-ci peut être détachée en prenant certaines précautions, sans que l'on ait à craindre de rompre le vaisseau. Les fibres musculaires qui l'attachent aux téguments sont assez lâches et peu résistantes ; on en compte quelques unes seulement pour chacune des chambres. Ces dernières se dessinent médiocrement ; les rétrécissements qui les séparent les unes des autres étant peu prononcés. Cependant, quand elles sont bien remplies par l'injection, elles se dilatent légèrement vers le centre, et deviennent alors plus distinctes.

Toute la portion cardiaque a une largeur assez considérable ; elle est d'au moins 1 millimètre. Les parois sont assez résistantes ; on peut les ouvrir, et y faire pénétrer l'extrémité d'un instrument à injection sans grand danger de les déchirer.

Les chambres, ou cloisons du vaisseau dorsal, sont au nombre

de huit dans le Bombyx du Mûrier ; nous n'en avons retrouvé ni plus ni moins dans les autres Lépidoptères.

La portion aortique devient très grêle ; mais ses parois, beaucoup plus minces que celles de la portion cardiaque, ont encore une très grande résistance. Cette aorte s'élargit, et se termine presque aussitôt, après avoir passé sous les ganglions cérébroïdes.

Les tubes trachéens sont en nombre fort considérable chez les Lépidoptères. De chacun des huit stigmates abdominaux naissent des faisceaux très serrés de ces tubes respiratoires. La plupart remontent sur les parties latérales, se recourbent à la partie supérieure de l'abdomen, en distribuant une quantité énorme de filets au tube intestinal, aux organes de la génération, et au vaisseau dorsal lui-même. Les trachées thoraciques rejoignant celles de l'abdomen donnent quelques troncs puissants aux ailes, et, en avant, une branche très forte qui se ramifie dans la tête.

Chez les Lépidoptères, les trachées deviennent rarement vésiculeuses ; on en remarque néanmoins, dans plusieurs espèces, de petites situées à la base de l'abdomen : ce sont les Sphinx, chez lesquels on observe plus particulièrement cette disposition.

Les canaux efférents sont moins faciles à suivre chez les Lépidoptères que chez beaucoup d'autres Insectes; cependant, dans les individus bien injectés, on distingue nettement encore les rigoles creusées dans le tissu cellulaire qui occupe la portion supérieure de l'abdomen.

Dans les larves, ou Chenilles, le vaisseau dorsal, en général, est plus grêle, et ses chambres sont plus allongées. Par le progrès de l'âge, il s'opère nécessairement un raccourcissement de cette partie, comme cela se voit pour le système nerveux.

Je n'ai pas besoin de rappeler combien certaines Chenilles sont favorables pour l'examen des mouvements du centre circulatoire. La transparence de leur peau permet souvent d'en distinguer et pour ainsi dire d'en mesurer d'une manière exacte les contractions et les dilatations. Comme les fibres, qui l'attachent au tégument, sont peu résistantes, on parvient même à l'isoler sous l'eau, et l'on voit ainsi pendant quelques temps encore ce cœur à

ou exécuter ses mouvements par suite de la sortie et de la rentrée du sang.

Les tubes trachéens des Chenilles sont moins considérables que ceux des adultes. Par la comparaison, il est facile de voir combien ces tubes s'accroissent par les progrès de l'âge.

Chez le Ver à soie, ou la Chenille du Bombyx du Mûrier (1), chaque faisceau trachéen est composé de cinq ou six branches qui s'épanouissent sur le canal intestinal, et de sept ou huit autres branches se ramifiant dans les muscles, et sur les ganglions et les cordons nerveux.

Le faisceau trachéen du prothorax émet deux branches principales, qui se divisent dans la portion supérieure de la tête, et quelques autres passant au-dessous de l'œsophage.

§ XII.

Dans les Hémiptères (exemple principal : *Pentatoma grisea* Lin.) (2). — Chez ces Articulés, le vaisseau dorsal se présente avec des caractères particuliers. Il n'adhère pas au tégument supérieur de l'abdomen ; aussi n'éprouve-t-on jamais aucune difficulté à le mettre à découvert, à l'isoler même complétement. Il est fort grêle, avec des cloisons très peu sensibles dans sa portion cardiaque ; mais celle-ci a des parois d'une nature particulière. En dessus et en dessous, il existe une membrane très mince ; et latéralement, il existe une paroi d'une très grande épaisseur. Au premier abord, le vaisseau dorsal des Hémiptères paraît formé de deux cordons (3) ; mais sa nature se dessine de la manière la plus nette quand on vient à l'injecter, ce qui s'exécute chez les Hémiptères avec moins de peine que chez beaucoup d'autres espèces. La portion aortique (4), au contraire, a des parois membraneuses de la même épaisseur dans sa périphérie.

(1) *Règne animal*, nouvelle édition (Insectes), pl. 130, fig. 5.
(2) Pl. 4, fig. 1.
(3) Pl. 4, fig. 2.
(4) Pl. 4, fig. 2ª.

Les lacunes sont assez vastes chez le Pentatome, particulièrement à la base de l'abdomen.

Le système trachéen présente des parties vésiculeuses considérables chez beaucoup d'Hémiptères, et principalement dans ceux de la tribu des Scutellériens.

Le *Pentatoma grisea*, pris ici comme principal exemple, est l'un des plus favorables pour l'observation des trachées vé iculeuses.

Le faisceau prothoracique fournit en avant un tronc céphalique volumineux qui se divise en deux branches, l'une se ramifiant dans la partie supérieure de la tête; l'autre dans la partie inférieure, en passant sous les nerfs optiques. Dès sa naissance, le tronc principal envoie aussi deux branches, qui émettent des rameaux au jabot et aux glandes salivaires. En arrière, le faisceau prothoracique donne un tube, qui vient rejoindre le premier faisceau abdominal. Ce tube respiratoire, qui présente sur son trajet au moins quatre vésicules, fournit les branches alaires, les branches crurales, et les branches qui se ramifient dans les muscles et sur le système nerveux.

Les faisceaux trachéens de l'abdomen sont au nombre de six. Le premier présente une vésicule d'un développement considérable. occupant de chaque côté toute la base de l'abdomen. De petites branches, naissant directement de la vésicule, se distribuent au canal intestinal; et d'autres branches plus considérables se ramifient dans la partie inférieure du corps.

Le deuxième faisceau fournit une trachée volumineuse, s'anastomosant presque dès son origine avec une branche de la grande vésicule. Cette trachée, qui est toujours plus ou moins ondulée, descend vers l'extrémité du corps en passant au-dessus des ramifications du canal intestinal, et fournissant des rameaux au jabot, au ventricule chylifique, surtout au tissu cellulaire occupant la partie supérieure de l'abdomen, et enfin au vaisseau dorsal lui-même.

Le troisième faisceau envoie surtout ses branches à la partie inférieure de l'abdomen.

Le quatrième se compose de deux branches principales, l'une

distribuant ses rameaux au ventricule chylifique, et la seconde aux muscles abdominaux et au système nerveux.

Le cinquième faisceau a une branche principale qui se partage aussi autour du ventricule chylifique et dans les muscles abdominaux, et envoie, en outre, une division latérale s'étendant jusqu'à l'extrémité du corps. Sur son trajet, cette division présente quelques petites vésicules, et envoie des rameaux aux vaisseaux biliaires, et surtout au rectum.

Le sixième faisceau fournit une branche principale, qui s'anastomose avec la grande trachée longitudinale du faisceau précédent. A sa base, il existe deux petites vésicules. A l'origine des troisième, quatrième et cinquième faisceaux, on remarque une vésicule plus volumineuse. L'injection pénètre presque partout entre les deux membranes de ces trachées vésiculeuses ; c'est seulement dans les plus grosses, venant à se rapprocher plus intimement par intervalles, qu'on voit comme des canaux, du reste très irréguliers, et s'élargissant avec la plus grande facilité.

Les conduits efférents se voient dans la couche de tissu cellulaire, qui occupe toute la partie supérieure de l'abdomen, et dans laquelle se trouve engagé le vaisseau dorsal.

Les modifications dans la distribution des trachées des Hémiptères ne sont pas très considérables. Dans les Nèpes cependant, une branche longitudinale, avec laquelle viennent s'anastomoser les branches de tous les faisceaux de l'abdomen, règne de chaque côté du vaisseau dorsal, à peu près comme cela se voit dans la Sauterelle.

Le sang des Hémiptères est en général coloré, il est ordinairement rougeâtre, ou au moins d'une nuance orangée. On sait que les trachées ont aussi cette coloration.

§ XIII.

Dans les Diptères (exemple principaux : la Mouche de Viande, *Musca vomitoria* Linn. (1) ; et le Taon des Bœufs, *Tabanus bovinus* Linn.). — Chez les Muscides, le vaisseau dorsal ressemble

(1) Pl. 5, fig. 1.

assez à celui des Hyménoptères ; il est fixé dans l'abdomen par des ailes peu résistantes. La portion cardiaque présente quatre chambres ; mais dans d'autres Diptères, ce nombre paraît être moindre. La portion aortique est très grêle. Les trachées sont en partie vésiculeuses. Le faisceau prothoracique distribue ses branches à la tête, aux ailes, aux muscles thoraciques, à la partie antérieure du canal digestif, à peu près comme chez la plupart des autres Insectes. Notre figure indique, du reste, avec la plus grande précision le trajet et les divisions de tous ces rameaux. Les trachées abdominales forment quatre faisceaux distribués au vaisseau dorsal, au tube digestif, aux organes de la génération. Le premier faisceau présente une trachée vésiculeuse, unie à celle du côté opposé par une arcade passant au-dessus du tube digestif.

Dans les Taons, les trachées prennent un développement plus grand encore que chez les Muscides ; on remarque des trachées vésiculeuses à la base de tous les faisceaux de l'abdomen. Rien ne peut donner une meilleure idée de la multiplicité des ramifications trachéennes que les yeux des Taons. Tous ces tubes se dessinent de la manière la plus nette, quand ils sont bien remplis par l'injection. Nous nous sommes attaché dans notre figure à les représenter avec la plus grande exactitude (1).

§ XIV.

Les différences observées dans le vaisseau dorsal des Insectes appartenant aux divers ordres se réduisent donc à fort peu de chose : ce sont des différences de largeur ou d'épaisseur très insignifiantes ; des différences très légères, aussi dans la nature des brides musculaires, qui maintiennent fixé, à la paroi dorsale de l'abdomen, le centre circulatoire. Les Hémiptères toutefois présentent, à cet égard, quelques particularités curieuses ; leur vaisseau dorsal n'est attaché que par l'extrémité postérieure, et ses parois ont une texture qu'on ne retrouve pas ailleurs ; du reste, ceci n'entraîne aucune modification, dans la manière dont s'effectue le mouvement circulatoire. Les parties lacuneuses ne varient

(1) Pl. 5, fig. 4.

jamais que par leur étendue plus ou moins grande. Les trachées diffèrent à quelques égards dans leur forme et dans la multiplicité de leurs rameaux ; mais ces différences ont encore très peu d'importance.

En résumé, chez tous les Insectes, la circulation s'effectue exactement de la même manière, et, à l'aide des mêmes organes, offrant toujours la même disposition générale.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 1.

Organisation des Orthoptères (la grande Sauterelle verte [*Locusta viridissima* Lin.]).

Fig. 1. Individu dont le vaisseau dorsal et l'espace intermembranulaire des trachées ont été injectés au moyen d'un liquide coloré. L'animal a été ouvert par la portion dorsale, et tous les organes ont été laissés dans leur position naturelle.

Fig. 2. Individu semblable au premier, chez lequel on a rejeté le canal intestinal et les ovaires sur les côtés, pour montrer les parties sous-intestinales et principalement le système nerveux.— *a*, antennes et nerfs antennaires.— *b*, yeux et nerfs optiques. — *c*. l'œsophage et le jabot. — *d*, les ganglions gastriques sur le gésier. — *e*, l'estomac ou ventricule chylifique. — *f*, l'intestin.—*g*, la glande salivaire de droite, rejetée sur le côté. — *h*, un des ovaires, avec les tubes trachéens qui s'y distribuent — *i*, la poche copulatrice.— *k*, la glande destinée à la sécrétion du vernis des œufs.

Fig. 3. Terminaison antérieure du vaisseau dorsal, et portion antérieure du système nerveux.

Fig. 4. Portion ouverte du vaisseau dorsal. — *a*, l'une des chambres. — *b*, sa valvule.

Fig. 5. Portion abdominale du vaisseau dorsal. — *a*, le vaisseau. — *b*, les ailes ou muscles latéraux qui le fixent de chaque côté. — *c*, les muscles longitudinaux qui le maintiennent attaché à la paroi supérieure de l'abdomen.

PLANCHE 2.

Organisation des Névroptères (*Æshna forcipata* Fabr.).

Fig. 1. Individu injecté, chez lequel tous les organes sont demeurés dans leur position naturelle.

Plates 1-5 missing

Fig. 2. Individu semblable au précédent, chez lequel le canal intestinal et les organes de la génération ont été enlevés.

Fig. 3 et 4. Portion antérieure du système nerveux.

PLANCHE 3.

Organisation des Hyménoptères (l'Abeille [*Apis mellifica* Lin.]).

Fig. 1. Individu neutre injecté, chez lequel tous les organes sont demeurés dans leur position naturelle.

Fig. 2. Vaisseau dorsal isolé.

Fig. 3. Portion d'une trachée vésiculeuse très grossie.

Fig. 4. Système nerveux.

Fig. 5. Appareil digestif.

PLANCHE 4.

Organisation des Hémiptères (*Pentatoma grisea* Lin.).

Fig. 1. Individu injecté, chez lequel tous les organes sont demeurés dans leur position naturelle.

Fig. 2. Système nerveux.

Fig. 3. Vaisseau dorsal. — *a*, portion aortique. — *b*, portion cardiaque.

Fig. 4. Poche sécrétant un liquide sortant entre les anneaux thoraciques.

Fig. 5. Organes génitaux femelles.

PLANCHE 5.

(La Mouche de la viande [*Musca vomitoria* Lin.]).

Fig. 1. Individu injecté, chez lequel tous les organes sont demeurés en place.

Fig. 2. Système nerveux.

Fig. 3. Appareil digestif.

Fig. 4. Portion de l'œil d'un Taon (*Tabanus bovinus* Lin.), pour montrer les trachées qui s'y distribuent.
